

660MW循环流化床外置床运行管理

路培瑛 杨 涛

国家能源集团陕西彬长发电有限公司 陕西 咸阳 712000

摘 要：本文聚焦660MW循环流化床外置床运行管理，详述其工作原理、结构特点及与传统类型对比优势。深入剖析运行中积灰结焦、磨损腐蚀、热不平衡等常见问题，重点阐述物料循环量、床温、流化风速、压力等关键参数控制方法。提出运行参数优化、定期巡检维护、强化管理与人员培训等优化策略，旨在提升外置床运行稳定性、热效率与安全性，为循环流化床机组高效运行提供理论与实践支撑。

关键词：660MW循环流化床；外置床；运行管理

1 660MW 循环流化床外置床概述

1.1 外置床工作原理

外置床，作为循环流化床（CFB）锅炉的重要热交换设备，其核心工作原理在于利用床层内的颗粒物质作为热交换介质，通过CFB锅炉灰循环回路中的气体或液体，实现热量的高效传递。在660MW大型CFB锅炉系统中，外置床通过特定的流态化设计，使得床层内的颗粒物质（如石英砂、陶瓷球等）在流体化状态下形成良好的热交换界面。当高温气体或流体通过这一界面时，热量被迅速传递给颗粒物质，进而通过颗粒物质的循环流动，将热量传递至锅炉的其他部分或用于其他热利用过程。这一过程不仅提高热量的传递效率，还增强CFB锅炉的整体热效率和运行稳定性。

1.2 外置床结构特点

660MW循环流化床外置床的结构设计独特，充分考虑大型锅炉的运行需求和热交换效率。其主体部分通常由耐高温、耐腐蚀的钢制或陶瓷材料制成，以确保在高温、高压环境下的长期稳定运行。床层部分则采用具有良好流体化特性的颗粒物质填充，以实现高效的热交换。外置床还配备有进出口管道、支撑结构和附件等，以确保流体的顺畅流动和热量的有效传递。这些结构设计特点使得外置床在CFB锅炉系统中能够发挥出色的热交换性能，提高锅炉的整体热效率和运行稳定性^[1]。

1.3 与其他类型循环流化床的对比

与传统的循环流化床相比，660MW循环流化床外置床在结构和功能上具有以下显著优势：（1）更高的热效率。外置床通过优化热交换界面和颗粒物质循环流动的设计，实现了更高的热量传递效率，从而提高CFB锅炉的整体热效率；（2）更强的运行稳定性。外置床的设计有效减少循环灰的流动停滞和壁温偏差，提高了流化效果和换热效率，从而增强锅炉的运行稳定性；（3）更广泛

的适用性。外置床结构灵活，可以适应不同规模和类型的CFB锅炉系统，特别是在处理高硫煤、劣质煤等复杂燃料时表现出色；（4）更好的环保性能。通过优化脱硫、脱硝等环保设施的配置和运行管理，660MW循环流化床外置床在实现高效热能利用的同时，也达到了更高的环保标准。

2 660MW 循环流化床外置床运行中常见问题

2.1 积灰、结焦现象

在660MW循环流化床外置床的运行过程中，积灰和结焦是常见的问题之一，积灰主要是由于燃料中的灰分在燃烧过程中未完全燃烧或燃烧后产生的细小颗粒物质在外置床内沉积形成。这些灰分会附着在床层颗粒物质表面或床层与壁面之间的空隙中，逐渐积累形成较厚的灰层。而结焦则是由于高温下灰分中的某些成分发生化学反应，形成坚硬、难以清除的焦块。积灰和结焦现象不仅会降低外置床的热交换效率，还可能导致床层流动不畅、压降增大等问题，严重时甚至会影响CFB锅炉的整体运行稳定性和安全性。

2.2 磨损、腐蚀问题

由于外置床内部颗粒物质在流体化状态下高速流动，与床层壁面、进出口管道等部件产生剧烈的摩擦和撞击，导致这些部件的表面材料逐渐磨损。同时，高温、高压和腐蚀性介质的存在也加剧了外置床的腐蚀问题。磨损和腐蚀不仅会降低外置床的使用寿命，还可能引发泄漏、破裂等安全隐患，对CFB锅炉的安全运行构成威胁^[2]。

2.3 热不平衡与热效率下降

热不平衡是660MW循环流化床外置床运行中另一个需要关注的问题，由于外置床内部颗粒物质的分布和流动状态受到多种因素的影响，如流体速度、颗粒大小、床层高度等，导致床层内部的温度分布不均匀。这种热

不平衡现象会影响外置床的热交换效率,使得部分区域过热或过冷,降低了热量的利用率。此外,随着运行时间的延长,外置床内部的积灰、结焦以及磨损、腐蚀等问题也会进一步加剧热不平衡现象,导致热效率逐渐下降。这不仅会影响CFB锅炉的整体热效率和经济性,还可能对锅炉的环保性能产生不利影响。

3 660MW 循环流化床外置床运行关键参数控制

3.1 物料循环量控制

物料循环量堪称660MW循环流化床外置床稳定高效运行的关键因素,充足的物料循环能够使燃料在炉膛内实现更充分的燃烧。大量循环的物料就像不知疲倦的“搬运工”,将未燃尽的燃料颗粒重新带回燃烧区域,极大地延长燃料在炉膛内的停留时间,显著提升燃烧效率。在传热过程中,物料循环量的多少直接左右着外置床与炉膛之间的热量交换效率。当物料循环量处于理想状态时,更多的热量得以被带到外置床的换热器中,实现高效的热量传递,为提高蒸汽产量奠定坚实基础。在实际操作中,对物料循环量的精准调控主要依赖于对回料阀开度的精确掌控。通过灵活调整回料阀开度,能够有效地改变物料返回炉膛的流量。若要增加物料循环量,适当开大回料阀,促使更多物料从分离器顺畅回到炉膛参与循环;反之,若需减少物料循环量,减小回料阀开度即可。部分先进的循环流化床机组引入了智能控制系统,该系统能够实时监测燃烧效率、蒸汽产量等关键参数,并据此自动调节回料阀开度,确保物料循环量始终维持在最佳水平。

3.2 床温控制

稳定且适宜的床温是保障燃料在最佳工况下燃烧的关键,能够显著提升燃烧效率,降低煤耗。当床温过低时,燃料燃烧不充分,不仅造成能源的极大浪费,还极有可能引发结焦等严重问题,威胁设备安全;而床温过高,则可能致使炉膛内的化学反应失控,对设备造成不可逆的损坏。在床温调节方面,策略丰富多样。首先,对燃料量的精准调整是重要手段之一。当床温偏低时,适当增加燃料投入量,为燃烧过程注入更多热量,促使床温稳步回升;若床温过高,则及时减少燃料量,抑制燃烧强度,降低床温。优化一次风与二次风的配比同样至关重要。一次风主要负责流化物料,二次风则为燃烧提供充足的氧气。通过科学合理地调整一次风与二次风的比例,能够有效控制燃烧强度,进而实现对床温的精准调节。例如,当床温过高时,适当增加一次风比例,强化物料流化效果,快速带走更多热量,实现床温降低;当床温过低时,增加二次风比例,提升燃烧强度,

促使床温升高^[3]。调节外置床的物料循环量也可间接调控床温,物料循环量的变化会改变热量在炉膛与外置床之间的分配格局,从而对床温产生影响。

3.3 流化风速控制

流化风速与物料流化状态之间存在着紧密的联系,对660MW循环流化床外置床的运行效果有着决定性影响。当流化风速较低时,物料难以实现良好的流化,极易出现堆积、团聚等不良现象,导致燃烧不均匀,传热效率大幅降低。随着流化风速逐渐提高,物料开始呈现出良好的流化状态,颗粒在气流的作用下悬浮、翻滚,与氧气充分接触,极大地促进燃烧反应的进行,同时显著提高传热效果。然而,流化风速过高也会带来负面影响,物料会被过快带出炉膛,导致物料逃逸量增加,不仅降低燃烧效率,还可能加剧设备的磨损。一般而言,对于660MW循环流化床外置床,需要通过大量的试验以及长期积累的实际运行数据,来确定一个适宜的流化风速区间。当需要提高流化风速时,增大一次风机频率,增加一次风的供应量;当需要降低流化风速时,则减小一次风机频率。同时,操作人员还需密切关注流化风速变化对物料流化状态、燃烧效率以及设备磨损等方面的影响,及时做出精准调整,确保外置床始终处于最佳运行状态。

3.4 压力控制

在正常运行情况下,炉膛内压力相对较高,而外置床入口处压力会稍低于炉膛压力,这种压力差保证了物料能够顺利流入外置床。外置床内部沿着物料流动方向,压力逐渐降低,这主要是由于物料在流动过程中与床体壁面、内部构件等产生摩擦,以及气体流动过程中存在阻力作用所致。压力异常往往会引发一系列严重问题。压力过高可能是由于物料堆积、回料不畅或者烟道堵塞等原因造成的。当物料在某部位堆积时,会阻碍气体正常流动,进而导致压力升高。压力过高不仅会对设备的安全运行构成威胁,还可能引发密封处泄漏等问题。而压力过低可能是由于风机故障、管道破损等原因,致使气体流量不足。若是物料堆积导致压力升高,可通过调整回料阀开度、疏通排料管道等方式加以解决;若是烟道堵塞引起压力升高,则需及时清理烟道。对于因风机故障或管道破损导致的压力过低,要迅速维修风机、修复管道,确保气体流量恢复正常,维持外置床各部位压力稳定在合理范围内,保障设备安全、稳定运行。

4 660MW 循环流化床外置床运行管理优化策略

4.1 运行参数优化调整

运行参数的精准优化是保障660MW循环流化床外

置床高效、稳定运行的核心。在物料循环量方面,需依据不同的负荷工况与燃料特性,动态调整回料阀开度。借助先进的监测系统,实时跟踪物料循环量对燃烧效率与蒸汽产量的影响,建立数据模型,从而精准确定不同工况下的最佳物料循环量数值。床温控制的优化同样关键,应运用智能算法,综合考虑燃料量、一次风与二次风配比以及物料循环量等因素,实现床温的精确调控。例如,当机组负荷发生变化时,系统能够自动根据预设算法,快速且精准地调整各参数,使床温始终维持在理想区间,避免因床温波动导致的燃烧不充分或设备损坏问题^[4]。对于流化风速,通过大数据分析不同燃料、物料颗粒状况下的流化特性,进一步细化合理的流化风速范围。在运行过程中,根据实时监测的物料流化状态,及时微调一次风机频率,确保流化风速既能保证物料良好流化,又不会造成物料过度逃逸或设备过度磨损。压力控制参数优化则着重于对外置床各部位压力分布的深入研究,建立压力异常预警机制,一旦压力偏离正常范围,系统立即发出警报,并根据预设策略自动调整相关设备运行参数,如通过调节引风机频率、疏通管道等方式,快速恢复压力稳定。

4.2 定期检查与预防性维护

定期检查与预防性维护是确保660MW循环流化床外置床长期稳定运行的坚实保障。在设备巡检方面,制定详细且严格的巡检计划,涵盖外置床的各个关键部件,如换热器、回料阀、风帽等。巡检人员按照规定的时间间隔与检查标准,对设备进行全面检查,包括设备外观是否有磨损、变形,连接部位是否松动,密封处是否泄漏等。利用先进的检测技术,如红外热成像仪检测设备温度异常,超声波检测仪检测设备内部缺陷,及时发现潜在问题。预防性维护措施同样不可或缺,根据设备运行时间、运行工况以及历史故障数据,制定科学的维护计划。例如,定期对换热器进行清洗,防止积灰、结垢影响传热效率;对风机进行保养,更换易损件,确保风机稳定运行。针对易磨损部件,如外置床内部的耐火材料,在磨损达到一定程度前,及时进行修补或更换,避免因部件损坏引发的设备故障与安全事故,保障外置床

持续稳定运行。

4.3 管理措施与人员培训

在管理措施方面,建立完善的运行管理制度,明确各岗位人员的职责与操作规范,确保每个操作环节都有章可循。加强设备档案管理,详细记录设备的安装、调试、运行、维护等信息,为设备全生命周期管理提供数据支持。运用信息化管理系统,实现对运行参数、设备状态的实时监测与分析,及时发现并解决问题。同时,引入绩效考核机制,将运行管理效果与员工绩效挂钩,激励员工积极参与运行管理优化。开展模拟操作培训,让员工在虚拟环境中进行设备操作,提高操作技能与应急处理能力。加强安全培训,强化员工的安全意识,确保在运行管理过程中严格遵守安全规定,避免因人为操作失误引发安全事故,全面提升运行管理团队的整体素质与管理水平。

结束语

综上所述,660MW循环流化床外置床的运行管理涉及多个方面,需要综合考虑设备特性、运行参数、维护策略以及人员管理等多个因素。通过精准调控关键参数、加强预防性维护、优化管理措施和提升人员技能,可以有效提升外置床的运行效率和稳定性。未来,随着技术的不断进步和管理的持续优化,660MW循环流化床外置床将在电力行业中发挥更加重要的作用,为实现能源的高效利用和可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]张毅.循环流化床锅炉经济稳定运行探讨[J].天津化工,2022,36(05):96-99.
- [2]田薇,阎江涛,胡建胜,等.循环流化床锅炉风险管理系统的研究与应用[J].工业安全与环保,2021,47(11):73-77.
- [3]晏海能,孙志军,等.超临界660MW循环流化床锅炉NO_x排放控制困难分析及处理[J].热力发电,2024,53(5):109-114.DOI:10.19666/j.rld.202401010.
- [4]张文祥,徐文韬,黄亚继,等.不同负荷工况下660MW循环流化床锅炉脱硝特性研究[J].电力科技与环保,2024,40(1):60-67.DOI:10.19944/j.eplep.1674-8069.2024.01.008.